ICS 13.080.20
CCS B 10

T/SSSC

中 国 土 壤 学 会 团 体 标 准

T/SSSC 053—2026

砂姜黑土内外源结构障碍协同消减技术规程

Technical Code of Practice for Combined Mitigation of Internal and External Structural Obstacles in Lime Concretion Black Soil

2026-11-27 发布　　2026-12-15 实施

中国土壤学会　发 布

目　　次

前　言 III
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 技术要求 2
5 作业流程 4
6 效果评价 4
附录 A （规范性） 障碍诊断指标测定方法 6
附录 B （规范性） 砂姜黑土结构障碍诊断标准 7

前　言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国科学院南京土壤研究所提出。

本文件由中国土壤学会归口。

本文件起草单位：中国科学院南京土壤研究所、安徽农业大学、河南省农业科学院、中国农业大学、长江大学、中向旭曜科技有限公司、新乡市种业发展服务中心。

本文件主要起草人：马东豪、张佳宝、杨文亮、王擎运、李金才、李晓玉、张翔、陈超、陈晏、齐永波、付威、潘慧、丁世杰、黄卫、蔡青青、刘则文、郭子妍、李佳鑫、王静茹。

砂姜黑土内外源结构障碍协同消减技术规程

1 范围

本文件确立了砂姜黑土内源属性结构障碍和外源衍生结构障碍的诊断方法、内源属性结构障碍消减技术、外源衍生结构障碍消减技术，以及实施工序与效果评价等要求。

本文件适用于砂姜黑土区存在耕层浅薄、犁底层厚硬、土壤黏闭僵板等复合型结构障碍的旱地农田。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 20287 农用微生物菌剂

NY 884 生物有机肥

NY/T 499 旋耕机 作业质量

NY/T 500 秸秆粉碎还田机 作业质量

NY/T 525 有机肥料

NY/T 742 铧式犁 作业质量

NY/T 1121.1 土壤检测 第 1 部分：土壤样品的采集、处理和贮存

NY/T 1121.3 土壤检测 第 3 部分：土壤机械组成的测定

NY/T 1121.4 土壤检测 第 4 部分：土壤容重的测定

NY/T 1121.6 土壤检测 第 6 部分：土壤有机质的测定

NY/T 1121.22 土壤检测 第 22 部分：土壤田间持水量的测定-环刀法

NY/T 1782 农田土壤墒情监测技术规范

NY/T 3034 土壤改良剂 通用要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

砂姜黑土 lime concretion black soil

在暖温带半湿润气候条件下，发育于河湖相沉积物上经脱沼泽作用而形成的半水成土，土体中常含砂姜（碳酸钙、硫酸钙结核），腐殖质累积明显，其典型特征为富含蒙脱石等膨胀性黏土矿物，具有“干缩裂、湿胀闭”的特征。

3.2

内源属性结构障碍 internal attribute structural obstacles

砂姜黑土因黏粒含量高、有机质含量低、黏土矿物类型以2:1型蒙脱石为主，导致的土壤易干缩开裂、湿胀黏闭等属性障碍（具体判断标准见附录）。

3.3

外源衍生结构障碍 external derived structural obstacles

主要是区域机械化程度高、不合理耕作导致的机械压实、耕层浅薄、犁底层厚硬，以及春季干旱导致的土壤收缩开裂、失水加剧、作物根系断裂，夏季多雨且排水不畅导致的土壤膨胀黏闭、透气透水性差、涝渍灾害严重等衍生障碍（具体判断标准见附录）。

3.4

秸秆错位轮还 deep-shallow rotational tillage

在同一地块小麦—玉米周年轮作周期内，按时间错位与空间错位相结合的方式还田：时间错位指小麦季与玉米季分期处理，小麦季秸秆覆盖免耕、玉米季秸秆粉碎翻压；空间错位指秸秆覆盖与翻压交替、深翻与旋耕轮换，以提升耕层有机质、构建优质耕层。

3.5

龟裂点含水量 cracking point water content

在规定试验条件下，试样蒸发失水过程中，裂隙率由快速增长阶段转入稳定阶段时对应的临界质量含水量，以干土质量百分数（%）表示。

4 技术要求

4.1 总体要求

内外源结构障碍联合总体要求如下：

a）以生物炭作为刚性多孔基质提高土壤孔隙度和通气透水能力，配施秸秆、有机肥、天然腐殖质等柔性富碳物料对障碍性黏土矿物进行改性，弱化土壤颗粒间静电斥力、增强颗粒团聚引力，从根源上有效消减土壤胀缩特性，消减砂姜黑土内源属性结构障碍；

b）以深浅轮耕打破厚硬犁底层，增加耕层厚度，构建全耕层疏松结构；通过精量灌溉防龟裂、快速排水抗涝渍，将土壤含水量控制在水分安全阈值以内，从而消减砂姜黑土外源衍生结构障碍。

4.2 技术流程

砂姜黑土内源属性和外源衍生结构障碍协同消减技术流程见图 1，主要包括结构障碍诊断、刚-柔材料耦合消减内源属性结构障碍、深浅轮耕与水分安全阈值调控消减外源衍生结构障碍、技术实施工序与效果评价等环节。

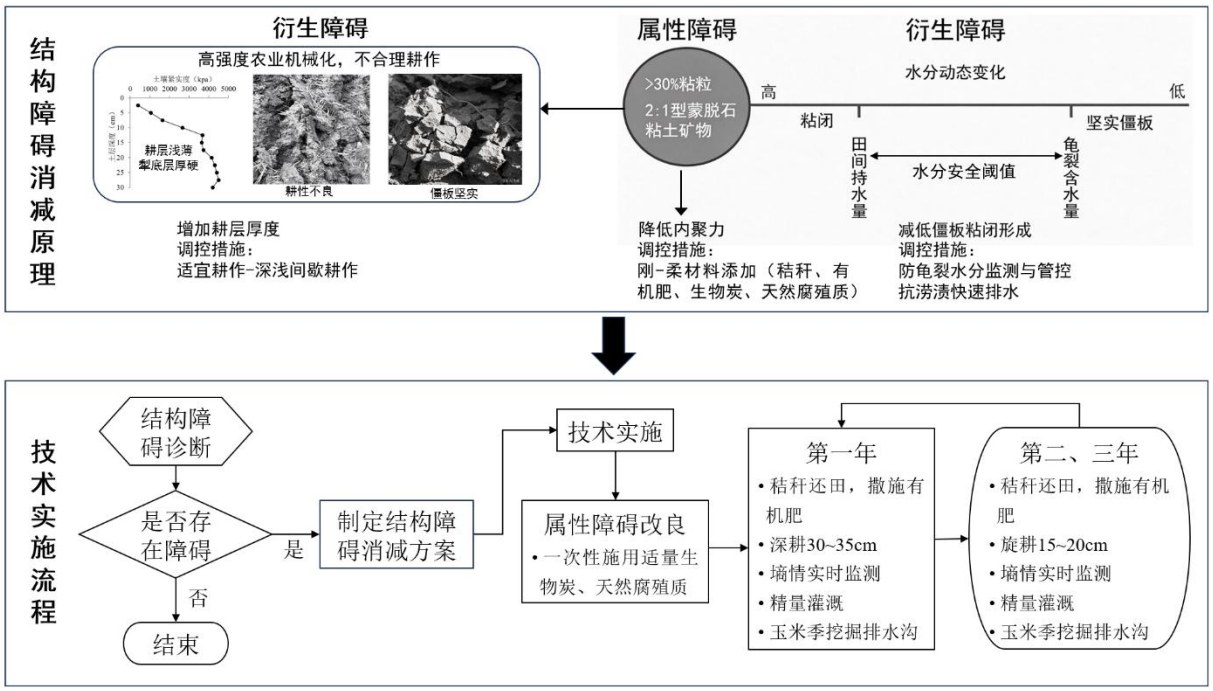


图1 砂姜黑土内源属性和外源衍生结构障碍协同消减技术流程

4.3 内源属性结构障碍技术

4.3.1 施用生物炭、天然腐殖质

生物炭采用以作物秸秆为原料、在缺氧条件下高温热解制备的秸秆生物炭，应符合 NY/T 3034 的规定。天然腐殖质采用富含腐殖酸的天然木本泥炭或同类天然腐殖质材料，应符合 NY/T 3034 的规定。

生物炭和天然腐殖质的施用量均为 7.5 t/hm² ～15 t/hm²，两者宜任选其一单施；两者配合施用时，各取推荐用量下限。二者均于玉米秸秆还田后、翻地前一次施入，宜采用撒肥车等机械均匀撒施。

4.3.2 施用有机肥

有机肥可选用商品有机肥或腐熟粪肥。商品有机肥应符合 NY/T 525 的规定，生物有机肥还应符合 NY 884 的规定。商品有机肥年施用量为 3 t/hm² ～4.5 t/hm²，腐熟粪肥年施用量为 6 t/hm² ～9 t/hm²，于每年玉米秸秆还田后、翻地前施用；宜采用撒肥车等机械均匀撒施，抛撒均匀度>80%，避免局部堆积，确保全田均匀覆盖。

4.3.3 秸秆还田

小麦采用带秸秆粉碎均匀抛撒装置的联合收割机收获，收获后的秸秆均匀覆盖于地表，作业质量应符合 NY/T 500 的规定。

玉米采用带秸秆粉碎均匀抛撒装置的联合收割机收获，收获时同步将秸秆粉碎，或收获后用专用秸秆粉碎还田机进行粉碎，作业质量应符合 NY/T 500 的规定。秸秆粉碎后均匀铺于地表，结合深耕（30 cm～35 cm）或旋耕（15 cm～20 cm）将秸秆翻埋入土；深耕年份应将秸秆翻埋至犁底层以下，旋耕年份应将秸秆与耕层土壤混合。深耕或旋耕前可喷洒秸秆腐解菌剂 15 kg/hm²～45 kg/hm²，秸秆还田量大时取高值、还田量小时取低值；菌剂应充分稀释，避开高温强光时段喷洒，喷洒后 2 h 内完成翻耕，产品质量应符合 GB 20287 的规定。

4.4 外源衍生结构障碍消减技术

4.4.1 耕作消减压实

实行“小麦季 1 年深耕+2 年旋耕-玉米季免耕”的 3 年轮耕周期，具体为：第一年小麦播种前采用铧式犁作业，耕深 30 cm～35 cm，有条件地区宜选用犁旋一体机作业，提高下层土块粉碎效果；第二、三年采用旋耕机作业，旋耕深度 18 cm～20 cm；玉米季均采用免耕播种。深耕、旋耕作业应在土壤含水量低于田间持水量 70%的条件下进行，或以“手握成团、落地即散”的田间适耕状态作为辅助判别依据，避免土壤含水量过高导致二次压实；耕层较薄的田块可结合实际逐年加深耕层。深耕、旋耕作业质量应分别符合 NY/T 742、NY/T 499 的规定。

4.4.2 水分调控

土壤水分含量应控制在安全阈值内，下限为龟裂点含水量，上限为田间持水量的 85%。田间持水量应按 NY/T 1121.22 的规定测定；龟裂含水量应采用室内模拟蒸发法测定。

在代表性田块安装土壤水分自动监测设备，对耕层 10 cm、20 cm、30 cm 含水量进行实时监测，设备安装与数据采集应符合 NY/T 1782 的规定。

当耕层含水量临近龟裂含水量时应立即灌溉，灌溉方式应采用微喷带、喷灌或滴灌，单次灌水量以补至上限为准，严禁大水漫灌。

田间排水沟网应作为农田基础设施，与整地作业同步或提前施工，不宜在播种后开挖。纵向沟间距 10 m～15 m，横向沟间距 50 m，沟宽 15 cm～20 cm，沟深不宜小于 20 cm，并应根据当地降雨特征和排水出路条件确定。沟网须“纵横交错、沟渠相通”，并与田头沟或支沟相连，形成完整排水网络。雨季到来前及每次强降雨后应及时检查并清理沟渠内的淤泥和杂草，确保排水畅通。

5 作业流程

5.1 第一年（深耕-破障年）

小麦季：玉米收获后秸秆全量粉碎还田，检测土壤水分含量，确保在适耕含水量下实施物料撒施、深翻、旋耕等作业。翻地前将秸秆腐解菌剂、有机肥、天然腐殖质、生物炭均匀撒施地表，撒施顺序可根据机具条件调整；物料撒施完成后立即用铧式犁深耕 30 cm~35 cm，然后用旋耕机旋耕 2~3 遍，或采用犁旋一体机深耕 30 cm~35 cm，然后用旋耕机旋耕 1~2 遍，确保物料混合均匀，最后耙磨镇压整地。小麦播种后安装土壤水分监测设备，根据监测数据精量灌溉。

玉米季：小麦收获时秸秆粉碎均匀覆盖地表，玉米免耕播种。排水沟网应在整地阶段与整地作业同步或提前开挖，依据墒情精量灌溉。

5.2 第二至三年（旋耕-培肥年）

与第一年一致，但作如下调整：

1) 耕作方式：小麦播种前旋耕（15 cm~20 cm）替代深耕；
2) 不再施入生物炭和天然腐殖质，仅维持秸秆、秸秆腐解菌剂、有机肥等物料投入。
3) 水分管理：开展耕层含水量自动监测。

三年周期结束后按序重复前三年操作，仅生物炭和天然腐殖质不再施用。

6 效果评价

协同消减技术实施一个完整周期（3 年）后，耕作层土壤应达到以下指标：

1) 耕层厚度≥20 cm；
2) 土壤有机质含量≥18 g/kg；
3) 土壤容重<1.35 g/cm^3；

4) 土壤总孔隙度：≥45%；。

5) 地面开裂时，宽度 1cm 以上的裂隙面积占比小于 50%。

上述指标应全部同时满足，方可视为达到结构改良验收要求；指标未全部达标时，可采取增施有机肥、调整轮耕周期等措施，继续开展下一轮改良。

效果评价应在三年周期结束后的第一个小麦播种前、未施肥时进行，按 NY/T 1121.1 的规定采集土壤样品；每个田块采样点不少于 5 个，以各采样点的算术平均值作为判定依据。土壤容重、有机质含量应分别按 NY/T 1121.4、NY/T 1121.6 的规定测定；耕层厚度按附录 A 中 A.4 的规定测定；田间裂隙按附录 A 中 A.8 规定的观测样方与统计口径统计。

附录 A

（规范性）

障碍诊断指标测定方法

A.1 土壤质地（黏粒含量）：按 NY/T 1121.3 土壤检测 第 3 部分：土壤机械组成的测定的规定执行。采用吸管法或比重计法测定土壤机械组成，计算黏粒（＜0.002 mm）含量。

A.2 黏土矿物类型：采用 X 射线衍射（XRD）法测定。根据衍射峰特征判别黏土矿物类型，采用半定量方法计算各矿物相对含量，确定蒙脱石是否为最高比例矿物。

A.3 土壤有机质含量：按 NY/T 1121.6 土壤检测 第 6 部分：土壤有机质的测定的规定执行。采用重铬酸钾容量法—外加热法测定土壤有机质含量。

A.4 耕层厚度：采用土钻法或剖面法测定。在代表性田块内随机选取不少于 5 个测点，用土钻或开挖剖面连续取土，根据土壤颜色、紧实度、根系分布等形态特征分层，测量地表至犁底层上界的垂直距离，取算术平均值。耕层划分依据：颜色较深、结构疏松、根系分布密集的土层。

A.5 犁底层厚度：采用土钻法或剖面法测定，测量耕层下界至犁底层下界的垂直距离，取算术平均值。

A.6 土壤容重：按 NY/T 1121.4 土壤检测 第 4 部分：土壤容重的测定的规定执行。采用环刀法采集原状土样测定。

A.7 土壤紧实度：采用土壤紧实度仪（如 SC900 型等）在田间原位测定。

A.8 田间裂隙观测：在干旱季节（春季）进行田间观测。在代表性田块内随机选取不少于 3 个观测样方（每个样方面积不小于 1 m^2），用刻度尺测量地表裂隙宽度和深度。

A.9 田间积水时间观测：在玉米季雨后进行田间观测。雨后每隔 24 小时观测一次田面积水情况，记录田面可见明水的持续天数，连续 3 天（含）以上有明水判定为积水超过 3 天。每个田块设置不少于 3 个观测点。

附录 B

（规范性）

砂姜黑土结构障碍诊断标准

B.1 内源属性结构障碍判定标准

当土壤同时满足下列三项指标时，判定为存在内源属性结构障碍：

1) 土壤黏粒含量≥30%；
2) 黏土矿物以 2:1 型蒙脱石为主（占最高比例）；
3) 耕层土壤有机质含量<15 g/kg。

B.2 外源衍生结构障碍判定标准

外源衍生结构障碍分为以下两种：

B.2.1 机械压实型外源障碍，土壤同时满足下列指标时，判定为机械压实型外源障碍：

1) 耕层厚度<15 cm；
2) 犁底层容重≥1.5 g/cm^3，或紧实度≥1 MPa。

B.2.2 水分失调型外源障碍，土壤同时满足下列指标时，判定为水分失调型外源障碍：

1) 干燥时地面出现宽度≥0.5 cm 的裂隙，且深度达 25 cm；地面宽度≥1 cm 的裂隙面积占观测样方面积的比例超过 50%；
2) 玉米季雨后田面积水超过 3 天。

B.3 诊断方法

土壤样品采集应按 NY/T 1121.1 的规定执行；各障碍诊断指标的测定方法按附录 A 执行。